

水素吸蔵合金、水素吸蔵合金ユニット、  
並びに、水素吸蔵合金を用いたヒートポンプ及び水素圧縮装置

発明の背景

発明の分野

本発明は、水素吸蔵合金、水素吸蔵合金ユニット、並びに、水素吸蔵合金を用いたヒートポンプ及び水素圧縮装置に関する。

背景技術

従来、複数の水素吸蔵合金を使用する場合には、各水素吸蔵合金ごとに熱媒体源、水素取出し流路を設けなければならなかったため、装置が複雑化、大型化しやすく、大量の熱媒体源を用意しなければならなかった。また、水素吸蔵合金の加熱と冷却の切り替え時の熱のロスも多かった。さらに、水素吸蔵合金を固定配置すると、水素吸蔵合金の水素化時の膨張により水素吸蔵合金を収容する容器が破損することがあった。

一方、従来の水素吸蔵合金を用いるヒートポンプにおいては、超低温を達成するのは困難であって、達成するためには大掛かりな装置を用いなければならなかった。

また、従来の水素圧縮装置においては、コンプレッサのピストンリングとシリンダ内壁との間隙から水素漏れが生じやすかったため、高圧縮を達成することが困難であった。

さらに、粉体状の水素吸蔵合金を用いた場合、水素吸蔵合金を収容した容器が振動するとその振動によって内部の水素吸蔵合金が偏ってしまうことで水素吸蔵合金の水素化時の膨張により水素吸蔵合金を収容する容器が破損することがあった。

関連技術としては、例えば、特開平２－１１０２６３号公報、特開昭６０－９８３９号公報、特開２０００－４５９２６号公報、特開昭６３－１６１３６８号公報、実用新案登録第２５２８６２１号公報、米国特許第４，６０９，０３８号公報、特開平４－２３２２０２号公報、特開平２－１８８４０１号公報等が挙げ

られる。

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、本発明の第1の目的は、装置をコンパクトにでき、水素吸蔵合金の加熱と冷却において熱伝播を速めながら切り替え時の熱のロスが少なく、水素吸蔵合金の水素化時の膨張により水素吸蔵合金を収容する容器が破損するおそれの少ない水素吸蔵合金ユニットを提供することにある。

本発明の第2の目的は、コンパクトな構成で超低温を達成することのできるヒートポンプを提供することにある。

本発明の第3の目的は、より高圧で水素を圧縮可能な水素圧縮装置を提供することにある。

本発明の第4の目的は、振動によって容器内に収容された水素吸蔵合金が偏ることのない水素吸蔵合金装置を提供することにある。

上記の問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、水素吸蔵合金であって、水素吸蔵合金材料及び水素吸着材料の共融混合物の粉末を粘性物質と混合してペースト化している。

#### 発明の要旨

上記の問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、水素吸蔵合金であって、水素吸蔵合金材料及び水素吸着材料の共融混合物の粉末を粘性物質と混合してペースト化している。

本発明の第2の態様は、水素吸蔵合金ユニットであって、熱媒体源が流通する熱交換室と、熱交換室の両側に形成された一対の水素室と、一対の水素室内にそれぞれ一端部が臨み、他端部が自由状態で熱交換室内に延び、一対の水素室側にそれぞれ一端部が固定された対をなす水素吸蔵合金パイプ群とを備え、対をなす水素吸蔵合金パイプ群を構成する各水素吸蔵合金パイプは、その内部に水素吸蔵合金を有していて、熱交換室内側の自由端部は閉じており、水素室内側の端部に水素流通孔が開いていることを特徴としている。

対をなす水素吸蔵合金パイプは、ハニカム状に配置されていることが好ましく、その内部の水素吸蔵合金の解離圧を異ならせることにより、共通の熱媒体源によ

り水素の吸蔵と放出を同時に実現可能となる。

水素吸蔵合金パイプはそれぞれ、中心部の水素流通孔を有する多孔質材料からなるパウンド材と、このパウンド材と外殻パイプとの間にペースト状で装着した後に固化させる水素吸蔵合金ペーストとを有すると製造上好ましい。

さらに、水素吸蔵合金パイプの外周にはカーボン繊維または炭化物繊維が巻きつけられていることが好ましい。

また、本発明の第3の態様は、ヒートポンプであって、所定の解離圧を有する第1水素吸蔵合金を備える第1水素吸蔵合金装置と、第1水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第2水素吸蔵合金を備える第2水素吸蔵合金装置と、第2水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第3水素吸蔵合金を備える第3水素吸蔵合金装置と、第3水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第4水素吸蔵合金を備える第4水素吸蔵合金装置とを有し、第2水素吸蔵合金装置と第3水素吸蔵合金装置は一つのユニットを形成し、ユニットは、第2水素吸蔵合金を有する第1水素吸蔵合金パイプ群と、第1水素吸蔵合金パイプの一端が固定される第1水素室と、第3水素吸蔵合金を有する第2水素吸蔵合金パイプ群と、第2水素吸蔵合金パイプの一端が固定される第2水素室と、を備え、第2水素吸蔵合金パイプの他端及び第3水素吸蔵合金パイプの他端は共通の熱交換室に配置され、第1水素吸蔵合金装置は、第2水素吸蔵合金装置及び第3水素吸蔵合金装置のうちの一方と連通し、第4水素吸蔵合金装置は、第2水素吸蔵合金装置及び第3水素吸蔵合金装置のうちの他方と連通し、第1水素吸蔵合金装置乃至第4水素吸蔵合金装置のいずれかを加熱又は冷却することにより、第1水素吸蔵合金装置及び第4水素吸蔵合金装置は、それぞれユニットへ水素を移送させる。

上記のヒートポンプにおいて、第2水素吸蔵合金装置と第4水素吸蔵合金装置とは、第4水素吸蔵合金装置から第2水素吸蔵合金装置へ水素を移送可能なポンプを介して連通されていることが好ましい。

上記ヒートポンプに用いる水素吸蔵合金パイプの外周にはカーボン繊維または炭化物繊維が巻きつけられていることが好ましい。

本発明の第4の態様は、ヒートポンプであって、所定の解離圧を有する第1水素吸蔵合金を備える第1水素吸蔵合金装置と、第1水素吸蔵合金より低い解離圧

を有する第2水素吸蔵合金を備える第2水素吸蔵合金装置と、前記第1水素吸蔵合金より低い解離圧を有する第3水素吸蔵合金を備える第3水素吸蔵合金装置と、第1水素吸蔵合金と同じ解離圧を有する第4水素吸蔵合金を備える第4水素吸蔵合金装置とを有し、第1水素吸蔵合金装置と前記第2水素吸蔵合金装置はポンプユニットにより連結された第1系統を形成し、第3水素吸蔵合金装置と前記第4水素吸蔵合金装置は前記ポンプユニットにより連結された第2系統を形成し、前記第1および第2系統では、一方の水素吸蔵合金装置を加熱又は冷却し、かつ、前記ポンプユニットを動作させることにより、第1水素吸蔵合金装置と前記第2水素吸蔵合金装置との間、及び、前記第3水素吸蔵合金装置と前記第4水素吸蔵合金装置との間で、互いに反対方向に水素の移送を行う。

本発明の第5の態様は、水素圧縮装置であって、水素吸蔵合金材料及び水素吸着材料の共融混合物の粉末を粘性物質と混合してなる水素吸蔵合金を有し、熱媒体源との間で熱の授受が可能な水素吸蔵合金装置と、水素吸蔵合金装置とポンプを介して連通した水素貯蔵容器と、を備え、熱媒体源により水素吸蔵合金装置を加熱するとともに、ポンプを水素吸蔵合金装置から水素貯蔵容器へ水素を移送するように動作させることにより水素貯蔵容器に圧縮して水素を収容させる。

本発明の第6の態様は、水素圧縮装置であって、水素吸蔵合金を有する水素吸蔵合金装置と、それぞれ水素吸蔵合金装置に切り替え可能に連通された第1圧力容器及び第2圧力容器と、第1圧力容器及び第2圧力容器の双方に連通され、流体を移送可能なポンプと、第1圧力容器及び第2圧力容器のそれぞれに連通した水素貯蔵容器とを備え、水素吸蔵合金装置を加熱して水素吸蔵合金から放出された水素を、第1圧力容器及び第2圧力容器の一方に移送し、かつ、第1圧力容器及び第2圧力容器のうち水素が移送された一方側から他方側へ流体を移送するようにポンプを動作させることにより水素貯蔵容器に圧縮して水素を収容させる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1実施形態に係る水素吸蔵合金ユニットの構造を示す縦断面図である。

図2Aは、図1のIIA-IIA方向の断面図である。

図 2 B は、図 1 の IIB-IIB 方向の断面図である。

図 3 A は、本発明の第 1 実施形態に係る水素吸蔵合金パイプの構造を示す軸直交断面図である。

図 3 B は、本発明の第 1 実施形態に係る水素吸蔵合金パイプの構造を示す斜視図である。

図 4 A は、本発明の第 2 実施形態に係るヒートポンプの概略構成図であって、超低温生成工程を示す図である。

図 4 B は、本発明の第 2 実施形態に係るヒートポンプの概略構成図であって、再生工程を示す図である。

図 5 は、本発明の第 3 実施形態に係るヒートポンプの概略構成図である。

図 6 A は、本発明の第 4 実施形態に係る水素圧縮装置の概略構成図であって、水素貯蔵工程を示す図である。

図 6 B は、本発明の第 4 実施形態に係る水素圧縮装置の概略構成図であって、水素圧縮工程を示す図である。

図 7 は、本発明の第 5 実施形態に係る水素圧縮装置の概略構成図である。

#### 望ましい実施態様

以下、本発明に係る水素吸蔵合金及び水素吸蔵合金ユニット、並びに、水素吸蔵合金を用いたヒートポンプ及び水素圧縮装置の実施形態を図面を参照しつつ詳しく説明する。

##### 第 1 実施形態（水素吸蔵合金ユニット）

第 1 実施形態に係る水素吸蔵合金ユニット 10 の全体構造について図 1 から図 3 を参照しつつ説明する。

水素吸蔵合金ユニット 10 は、略円筒状の本体部 11 と、該本体部 11 の両端部を閉塞する外側に凸の端板部 12、13 と、この端板部 12、13 の外側に溶接され、該端板部 12、13 との間にそれぞれ密閉された水素室 32、33 を形成する腕状部 22、23 とを有する。水素室 32、33 を形成する壁面としての端板部 12、13、腕状部 22、23 は高圧に耐えうるように肉厚としてある。また、水素吸蔵合金ユニット 10 は、例えばチタン、SUS、アルミニウムなど

の金属材によって形成することができる。

水素吸蔵合金ユニット１０の本体部１１には、端板部１２側及び端板部１３側にそれぞれノズル１４及び１５が設けられている。ノズル１４及び１５は、水素吸蔵合金ユニット１０の外部に配置された熱媒体源（不図示）にそれぞれ連結されていて、中空本体部１１の内部の熱交換室１６と連通している。したがって、ノズル１４又は１５に連結された熱媒体源の温度を調整しまたは選択することにより熱交換室１６の雰囲気温度を調整することが可能である。熱媒体源としては、雪や氷を含む自然外気温、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機器作動時の排熱などを使用することができる。

また、水素室３２、３３を構成する椀状部２２及び２３には、該水素室３２、３３を外部と連通させるノズル（水素ノズル）２４及びノズル（水素ノズル）２５が設けられている。

熱交換室１６には、同一構造を有する第１、第２の水素吸蔵合金パイプ（群）４１、４２がハニカム状（蜂の巣状）に配置されている。第１の水素吸蔵合金パイプ４１は、閉じられた一端（放置端）４１ａが熱交換室１６内にあり、開放された他端（固定端）４１ｂは端板部１２を気密に貫通し水素室３２内に臨んでいる。同様に水素吸蔵合金パイプ４２は、閉じられた一端４２ａが熱交換室１６内に配置され、開放された他端４２ｂが端板部１３を気密に貫通し水素室３３内に臨んでいる。これらの第１、第２の水素吸蔵合金パイプ４１及び４２は、それぞれ水素室３２、３３側の端部だけが端板部１２、１３に固定されている。このため、水素吸蔵合金パイプ４１及び４２が熱により膨張しても、放置端４１ａ及び４２ａが伸張可能であるため、パイプの破損を回避することができる。また、このような構成とするとパイプ間を密接して設けることができるため、熱交換室１６内に供給する熱媒体源の量を少なくすることができ、水素吸蔵合金パイプ４１及び４２を加熱又は冷却するときの熱媒体源切り替え時の熱のロスを最小限にすることができる。なお、水素吸蔵合金パイプ４１及び４２は、例えばチタン、ＳＵＳによって形成することができる。

水素吸蔵合金パイプ４１及び４２の外周にはカーボン繊維または炭化物繊維（例えばＳｉＣ）が巻きつけられていることが好ましい。このように構成するこ

とにより、軽量かつ耐圧性の高い水素吸蔵合金ユニット１０を実現することができる。

水素吸蔵合金パイプ４１、４２は、ノズル１４又は１５に連結された熱媒体源により熱交換室１６の温度が上げられ水素吸蔵温度域に達すると、内部に配置された水素吸蔵合金から水素が放出される。放出された水素は、開放された固定端４１ｂ又は４２ｂから水素室３２又は３３に移送され、水素吸蔵合金ユニット１０の外部に排出される。一方、ノズル１４又は１５に連結された熱媒体源により又は常温下に放置することにより、水素放出温度より高温であった熱交換室１６の温度が下げられ水素放出温度に達すると、水素吸蔵合金パイプ４１又は４２の内部に配置された水素吸蔵合金に水素が吸蔵される。

この水素吸蔵合金パイプ４１及び４２においては、一方の水素吸蔵合金パイプの水素吸蔵合金が吸蔵（水素化）又は放出する場合の発熱又は吸熱による発生熱を、他方の水素吸蔵合金パイプの水素吸蔵合金が受領して水素を放出又は吸蔵（水素化）することができる。

また、水素吸蔵合金パイプ４１及び４２は、互いに接するように配置してあるため、使用する熱媒体が少なく済む。このため、熱媒体を変更したときの熱交換室１６内の温度の切替をすばやく行うことができる。

さらに、この水素吸蔵合金パイプ４１と４２に用いる水素吸蔵合金の解離圧を異なるものとし、共通の熱媒体源によって水素吸蔵合金パイプ４１及び４２を同一温度に加熱又は冷却すると、一方の水素吸蔵合金パイプは水素を放出するが他方の水素吸蔵合金パイプは水素を吸蔵するという作用を実現することができる。

水素吸蔵合金パイプ（群）４１、４２は、以上の機能を有するものである。次に、水素吸蔵合金パイプ４１及び４２の好ましい実施形態を図３について説明する。水素吸蔵合金パイプ４１と４２は構造が同一であるため、ここでは水素吸蔵合金パイプ４１についてのみ説明する。もちろん、水素吸蔵合金パイプ４１と４２の構造を異なるものとすることもできる。

水素吸蔵合金パイプ４１は、金属製の筒状部材４１ｆ、水素吸蔵合金ペースト４１ｇ、パウンド材４１ｃ及び金属板４１ｄを有する一様断面をなして、筒状部材４１ｆの放置端４１ａが閉じられている。金属板４１ｄは、筒状部材４１

f の径方向に渡る長さを有し、その中心部に波形曲折部 4 1 d' が形成されている。パウンド材 4 1 c は、この金属板 4 1 d の表裏に位置する略半円柱状をなす多孔質部材（水素を通すことができる部材）であり、該金属板 4 1 d の波形曲折部 4 1 d' とパウンド材 4 1 c との間に水素流通孔 4 1 e を構成する。この水素流通孔 4 1 e は水素室 3 2 に開口する。パウンド材 4 1 c としては、耐熱性が高く、かつ、伸縮性のあるものが好ましく、例えば発泡シリコンゴム剤を用いることができる。

水素吸蔵合金ペースト 4 1 g は、このパウンド材 4 1 c と筒状部材 4 1 f の間の空隙に充填された後、固化される。水素吸蔵合金材料をペースト化して装着することにより、水素吸蔵合金材料の微粉の飛散防止を図ることができるとともに、速い熱伝播を実現できるため水素吸蔵合金材料内における水素化及び外部への水素放出に要する反応時間を短くすることができる。また、筒状部材 4 1 f 内に収容された水素吸蔵合金が振動によって偏ることがない。

なお、パウンド材 4 1 c 及び金属板 4 1 d を用いずに、筒状部材 4 1 f の内壁に水素吸蔵合金ペースト 4 1 g を成膜し、水素吸蔵合金ペースト 4 1 g の内部を水素流通孔としてもよいし、あらかじめ接着剤を内壁に塗布した筒状部材 4 1 f に水素吸蔵合金材料の粉末を装着して水素吸蔵合金ペースト 4 1 g を形成してもよい。

ここで、水素吸蔵合金ペースト 4 1 g は、あらかじめ粒子径を約 20～50  $\mu$ m に調整した粉末状の水素吸蔵合金材料単体を高分子系の接着剤と混合したものを使用するのが好ましいが、水素吸蔵合金材料と水素吸着材料との共融混合物（共晶体）の粉体を、接着剤などの粘性物質と混合してペースト化したものを用いることもできる。共融混合物とすることにより、合金重量に対して水素吸蔵重量比率を増やすことができる。また、水素吸着材料は圧力の増加に伴って水素吸着量が増加する性質を有するため、水素吸蔵合金材料単独の場合よりも多くの水素を取り込むことができ、かつ、本発明のように高圧を実現可能な水素吸蔵合金ユニットにおいてはこの効果は顕著である。

水素吸蔵合金材料としては、例えば、Ca、La、Mg、Ni、Ti のほか、LaNi 系の合金、MgTi 系の合金、メカニカルアロイング法により V 系の元



素を混入した共融混合物などを使用することができる。

一方、水素吸着材料としては、例えば、炭素材、グラファイト構造やアモルファス構造のナノカーボン類、炭化物及び酸化物を使用することができる。ただし、水素吸着材料としてナノカーボン類を用いる場合は、共融混合物の製造時にナノカーボン類が水素吸蔵合金材料に溶け込んで、水素吸蔵合金材料が炭化されてしまうため、あらかじめナノカーボン微粒子に水素解離性の金属、炭化物又は酸化物の被膜を形成しておくことが好ましい。この被膜の形成は、湿式めっき、CVD、PVDなどの成膜方法の中から、ナノカーボン類の種類等に応じた方法を選択して行う。

このように被膜したナノカーボン類、炭化物及び酸化物と、水素吸蔵合金材料との共融混合物は、カーボン類、炭化物及び酸化物の周囲にある水素吸蔵合金材料の水素解離特性によって、気体の水素分子 ( $H_2$ ) が水素吸蔵合金材料に触れることによってプロトン ( $H$ ) に分離して水素吸着材料の微粒子の表面及び内部の空隙に定着するため、より多くの水素を吸蔵することができる。

さらに、上述の接着剤に代えてゴム剤を用いることもできる。すなわち、水素吸蔵合金ペースト 41 g として、水素吸蔵合金材料単体、又は、水素吸蔵合金材料と水素吸着材料との共融混合物の粉体を、例えばシリコンのゴム剤と混合してペースト化してもよい。この場合は、筒状部材 41 f に充填された水素吸蔵合金ペースト 41 g は、水素吸蔵合金パイプ 41 を加熱することによって硬化する。

以上のように構成した水素吸蔵合金ユニット 10 においては、ノズル 14 又は 15 に連結された熱媒体源の温度を所定の温度に設定することによって、熱交換室 16 の温度を調整することができる。熱媒体源の温度を上げて熱交換室 16 の温度が水素吸蔵合金パイプ 41 及び 42 の一方または両方の水素放出温度に至ると、水素放出が始まる。放出された水素は、水素吸蔵合金パイプ 41 から放出されたものは水素室 32 を経てノズル 24 から外部へ、水素吸蔵合金パイプ 42 から放出されたものは水素室 33 を経てノズル 25 から外部へ流出する。一方、熱媒体源の温度を下げて、熱交換室 16 の温度が水素吸蔵合金パイプ 41 及び 42 の一方または両方の水素吸蔵温度に至ると、水素吸蔵が始まる。水素吸蔵合金パイプ 41 内、水素室 32 内及びノズル 24 に連通した外部機器内の水素は徐々に

水素吸蔵合金パイプ41の水素吸蔵合金に吸蔵され、水素吸蔵合金パイプ42内、水素室33内及びノズル25に連通した外部機器内の水素は徐々に水素吸蔵合金パイプ42の水素吸蔵合金に吸蔵される。また、ノズル14又は15に連結された熱媒体源の温度を80℃程度で加熱させながら熱交換室32、33およびパイプ41、42内をノズル24、25から真空引きして水素吸蔵合金の脱気を行い、次いで、熱媒体源を冷却の5℃程度に変えてノズル24、25から、30kg/cm<sup>2</sup>程度で水素加圧が行えるため、水素吸蔵合金の活性化が専用チャンバーを用いることなく完成後に直接行うことができる。

また、水素吸蔵合金パイプ41及び42にカーボン繊維または炭化物繊維（例えばSiC）を巻きつけると耐圧が向上するため、水素吸蔵合金ユニット10内を高圧にすることができ、圧力が高いほど水素吸着量が多くなる水素吸着材料を含有する本発明の水素吸蔵合金においては水素吸蔵合金材料単独の場合よりも多くの水素を取り込むことができる。

さらに、水素吸蔵合金ユニット10は、水素吸蔵合金パイプ41及び42の内部に水素吸蔵合金や水素吸着の材料を装着せず高耐圧で軽量な水素貯蔵容器として水素ステーションや水素自動車に用いることができる。この場合においては、従来のボンベ方式の水素貯蔵容器に比べ高圧水素の充填に伴う流体摩擦による高温発熱を熱媒体源で冷却しやすく、高圧水素の充填時間を大幅に短縮できる。

## 第2実施形態（ヒートポンプ）

第2実施形態に係るヒートポンプ50について図4Aおよび図4Bを参照しつつ説明する。

ヒートポンプ50は、水素解離圧の異なる4つの水素吸蔵合金装置（第1水素吸蔵合金装置）60、水素吸蔵合金装置（第3水素吸蔵合金装置）61、水素吸蔵合金装置（第2水素吸蔵合金装置）62及び水素吸蔵合金装置（第4水素吸蔵合金装置）63を有する。水素吸蔵合金装置60及び63にはそれぞれ熱媒体源70、71、72及び73が接離可能に接続され、水素吸蔵合金装置61及び62には共通の熱媒体源71が接続されている。さらに、水素吸蔵合金装置62と63との間には、水素吸蔵合金装置63で発生した水素を水素吸蔵合金装置62に移送可能なポンプ74が配置され、水素吸蔵合金装置62と63とを連通して

いる。なお、熱媒体源 7 1 は、水素吸蔵合金装置 6 1 及び 6 2 と、水素吸蔵合金装置 6 3 との一方に対して選択的に接続可能である。熱媒体源 7 0、7 1、7 2 としては、雪や氷を含む自然外気温、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機器作動時の排熱などを使用することができる。

図 4 A および図 4 B では簡略に表現されているが、水素吸蔵合金装置 6 1 及び 6 2 は、図 1 に示す水素吸蔵合金ユニット 1 0 を構成している。すなわち、水素吸蔵合金装置 6 1 及び 6 2 はそれぞれ水素吸蔵合金ユニット 1 0 における水素吸蔵合金パイプ 4 1 及び 4 2 のいずれかを構成し、それぞれノズル 2 4 及びノズル 2 5 によって水素吸蔵合金装置 6 0 及びポンプ 7 4 に連通され、熱媒体源 7 1 はノズル 1 4 及び 1 5 に連結されている。また、水素吸蔵合金装置の数は任意に設定可能であり、図 1 に示す水素吸蔵合金ユニット 1 0 を構成する水素吸蔵合金装置の数は 2 以上であってもよい。また、水素吸蔵合金パイプ 4 1 及び 4 2 の外周にはカーボン繊維または炭化物繊維（例えば S i C）が巻きつけられていることが好ましい。このように構成することにより、耐圧性の高いヒートポンプ用水素吸蔵合金装置を実現することができる。

水素吸蔵合金装置 6 0、6 1、6 2 及び 6 3 の水素吸蔵合金の水素解離圧は、水素吸蔵合金装置 6 0 の水素吸蔵合金が最も小さく、水素吸蔵合金装置 6 2、水素吸蔵合金装置 6 1 の順に大きくなり、水素吸蔵合金装置 6 3 の水素吸蔵合金が最も大きくなるように配置している。したがって、水素放出開始温度は、水素吸蔵合金装置 6 0 の水素吸蔵合金が最も高く、水素吸蔵合金装置 6 2、水素吸蔵合金装置 6 1 の順に低くなり、水素吸蔵合金装置 6 3 の水素吸蔵合金が最も低い。

水素吸蔵合金装置 6 0、6 1、6 2 及び 6 3 に使用する水素吸蔵合金材料としては、例えば、C a、L a、M g、N i、T i のほか、L a N i 系の合金、M g T i 系の合金などが挙げられる。この場合、あらかじめ粒子径を約 2 0 ~ 5 0  $\mu$  m に調整した粉末状の水素吸蔵合金材料単体を高分子系の接着剤と混合したものを使用すると、ヒステリシス特性値が最小となるためヒートポンプの場合に限っては望ましい。

このような水素吸蔵合金材料は、水素解離特性によって、気体の水素分子（H<sup>2</sup>）が水素吸蔵合金材料に触れるとプロトン（H）に分離して合金結晶間に貯蔵

をする。

さらに、上述の接着剤に代えてゴム剤を用いることもできる。すなわち、水素吸蔵合金ペースト41gとして、水素吸蔵合金材料の粉体を、例えばシリコンのゴム剤と混合してペースト化してもよい。この場合は、筒状部材41fに充填された水素吸蔵合金ペースト41gは、水素吸蔵合金パイプ41を加熱することによって硬化する。

なお、水素吸蔵合金装置60及び63は任意の構成をとることができるが、例えば、図3の水素吸蔵合金パイプ41のようにパイプ内に水素吸蔵合金を配置した構造をとることができる。

以上のように構成されたヒートポンプ50においては、水素吸蔵合金装置63から水素吸蔵合金装置62へ、及び、水素吸蔵合金装置61から水素吸蔵合金装置60へ、それぞれ水素を移送し、熱媒体源73から熱を奪って超低温化する超低温生成工程（図4A）、並びに、水素吸蔵合金装置60から水素吸蔵合金装置61へ、及び、水素吸蔵合金装置62から水素吸蔵合金装置63へ、それぞれ水素を移送する再生工程（図4B）からなる1サイクルを実現することができる。また、水素吸蔵合金パイプ41及び42にカーボン繊維または炭化物繊維（例えばSiC）を巻きつけると耐圧が向上するため、水素吸蔵合金装置60、61、62、63内を高圧にすることができ、圧力が高いほど水素吸着量が多くなる水素吸着材料を含有する本発明の水素吸蔵合金においては水素吸蔵合金材料単独の場合よりも多くの水素を取り込むことができる。

図4Aに示す生成工程においては、熱媒体源70により高温の水素吸蔵合金装置60が常温まで冷却されると、水素吸蔵合金装置60の水素吸蔵合金と水素吸蔵合金装置61の水素吸蔵合金との水素解離圧の差により水素吸蔵合金装置61の水素吸蔵合金から発生した水素が水素吸蔵合金装置60に移送される。このとき水素吸蔵合金装置61の水素吸蔵合金は熱媒体源71から熱を奪うとともに、水素吸蔵合金装置62の水素吸蔵合金が冷却されるため、水素吸蔵合金装置62と63との水素吸蔵合金の水素解離圧の差により水素吸蔵合金装置63の水素吸蔵合金から放出された水素が水素吸蔵合金装置62に移送されるとともに、水素吸蔵合金装置63の水素吸蔵合金は熱媒体源73から熱を奪う。水素吸蔵合金装

置 6 2 と 6 3 の水素吸蔵合金の解離圧の差を大きくとることにより、熱媒体源 7 3 の温度をより低温にすることができる。さらに、ポンプ 7 4 を動作させることにより、水素吸蔵合金装置 6 3 から水素吸蔵合金装置 6 2 へ強制的に水素を移送させることができるため、熱媒体源 7 3 の超低温化を効率的に実現することができる。

図 4 B に示す再生工程においては、熱媒体源 7 0 を高温として水素吸蔵合金装置 6 0 を加熱することにより、水素吸蔵合金装置 6 0 の水素吸蔵合金から水素を発生させて水素吸蔵合金装置 6 0 内の水素圧を高めて、水素吸蔵合金装置 6 1 へ水素を移送する。水素吸蔵合金装置 6 0 から移送された水素を吸蔵した水素吸蔵合金装置 6 1 の水素吸蔵合金は発熱し、水素吸蔵合金装置 6 2 に熱を与える。水素吸蔵合金装置 6 1 から与えられた熱により温度が上昇した水素吸蔵合金装置 6 2 の水素吸蔵合金は水素を放出する。水素吸蔵合金装置 6 2 の水素吸蔵合金から放出された水素は水素吸蔵合金装置 6 2 と連通した水素吸蔵合金装置 6 3 に移送され、この水素を吸蔵した水素吸蔵合金装置 6 3 の水素吸蔵合金は熱を排出する。このとき、ポンプ 7 4 は動作しておらず、水素吸蔵合金装置 6 2 と水素吸蔵合金装置 6 3 とは連通状態にある。

再生工程においては、水素吸蔵合金装置 6 3 と熱媒体源 7 3、並びに、水素吸蔵合金装置 6 1 及び 6 2 と熱媒体源 7 1 の接続はそれぞれ解除され、水素吸蔵合金装置 6 3 には熱媒体源 7 1 が連結されている。このような構成にすることによって、水素吸蔵合金装置 6 3 からの排熱を熱媒体源 7 1 が受領してその温度が上昇し、高温となった熱媒体源 7 1 を生成工程における水素吸蔵合金装置 6 1 への熱の供給源とすることができる。また、上述のように、生成工程において水素吸蔵合金装置 6 1 の水素吸蔵合金量を水素吸蔵合金装置 6 2 の水素吸蔵合金量より多くすると、熱媒体源 7 1 をより低温にすることができ、この熱媒体源 7 1 を再生工程で使用すると、水素吸蔵合金装置 6 3 から熱媒体源 7 1 への熱の授受をより効率的に行うことができる。

以上のように、ヒートポンプ 5 0 を用いることによって、コンパクトかつ効率的なヒートポンプを実現することができる。さらに、ポンプによる水素移送を併用することによって、熱媒体源のみでは達成が困難な超低温を容易に達成するこ

とができる。

### 第3実施形態（ヒートポンプ）

第3実施形態に係るヒートポンプ80について図5を参照しつつ説明する。

ヒートポンプ80は2系統の水素移送路を一つのポンプユニット90を介して構成し、極低温を実現するものである。2系統の水素移送路とは、ポンプユニット90を介して連結された水素吸蔵合金装置100と水素吸蔵合金装置101を結ぶ第1系統と、ポンプユニット90を介して連結された水素吸蔵合金装置102と水素吸蔵合金装置103を結ぶ第2系統である。図5では簡略に表現されているが、水素吸蔵合金装置100、101、102、103は、それぞれ図1に示す水素吸蔵合金ユニット10のユニットを構成している。すなわち、水素吸蔵合金装置100、101、102及び103は、それぞれ、水素吸蔵合金ユニット10の水素吸蔵合金パイプ41及び42とで構成し、水素吸蔵合金装置101及び102の水素吸蔵合金も、それぞれ、水素吸蔵合金ユニット10の水素吸蔵合金パイプ41及び42とで構成されている。なお、水素吸蔵合金装置100、101、102及び103は、それぞれ水素吸蔵合金ユニット10以外の構成をとってもよいが、水素吸蔵合金ユニット10によって構成すると熱媒体源交換時の熱のロスが少なくてすむ。

水素吸蔵合金装置100、101、102及び103の水素吸蔵合金は、水素吸蔵合金装置（第1水素吸蔵合金装置）100及び水素吸蔵合金装置（第4水素吸蔵合金装置）103が同一種の水素吸蔵合金を有し、かつ、水素吸蔵合金装置（第2水素吸蔵合金装置）101及び水素吸蔵合金装置（第3水素吸蔵合金装置）102が同一種の水素吸蔵合金を有している。これらの水素吸蔵合金の水素解離圧は、水素吸蔵合金装置101及び102の水素吸蔵合金より、水素吸蔵合金装置100及び103の水素吸蔵合金の方が高く、それぞれ目的とする集熱温度にあわせた特性の水素吸蔵合金を装着している。

ポンプユニット90は、ポンプ91、切替弁92、93、94、95、一方向弁96、97を有する。切替弁92及び93は、水素吸蔵合金装置100に連結されている。ポンプ91の下流には、ポンプ91から水素吸蔵合金装置101への流れは許容し、水素吸蔵合金装置101からの流れは遮る一方向弁96が設け

られている。一方、切替弁 9 4 及び 9 5 は、水素吸蔵合金装置 1 0 3 に連結されている。ポンプ 9 1 の下流には、ポンプ 9 1 から水素吸蔵合金装置 1 0 2 への流れは許容し、水素吸蔵合金装置 1 0 2 からの流れは遮る一方向弁 9 7 が設けられている。

以上のように構成されたヒートポンプ 8 0 の第 1 系統の生成行程においては、切替弁 9 2 を閉じ、切替弁 9 3 及び一方向弁 9 6 を開いた状態で、高温の水素吸蔵合金装置 1 0 1 を常温で冷却する。すると、水素吸蔵合金装置 1 0 1 と 1 0 0 の水素吸蔵合金の解離圧の差により、水素吸蔵合金装置 1 0 0 の水素吸蔵合金から水素が放出され、水素吸蔵合金装置 1 0 1 へ移送される。このときポンプ 9 1 を動作させると、水素吸蔵合金装置 1 0 0 から水素吸蔵合金装置 1 0 1 への水素移送が効率的に行われる。さらに、ポンプ 9 1 を用いて水素を強制的に移送することによって水素吸蔵合金装置 1 0 0 の水素吸蔵合金は水素吸蔵合金装置 1 0 0 に連結された熱媒体源 1 0 5 からより多くの熱を奪うことができるため、この熱媒体源を極低温に導くことができる。

また、このときの第 2 系統では、切替弁 9 5 を開き、切替弁 9 4 及び一方向弁 9 7 を閉じた状態で、第 1 系統と逆に水素吸蔵合金装置 1 0 2 から水素が放出され、水素吸蔵合金装置 1 0 3 へ移送され再生行程が行われる。

このときの冷却の熱媒体源 1 0 6、1 0 8 としては、雪や氷を含む自然外気温を使用し、加熱の熱媒体源 1 0 7 としては、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機械作動時の排熱などを使用することができる。

ヒートポンプ 8 0 においては、第 1 系統では水素吸蔵合金装置 1 0 0 から水素吸蔵合金装置 1 0 1 へ、第 2 系統では水素吸蔵合金装置 1 0 2 から水素吸蔵合金装置 1 0 3 へそれぞれ水素が移送される。このように移送された水素は、切替弁 9 2 ～ 9 5、一方向弁 9 6 及び 9 7 を切り替えることにより、もとの水素吸蔵合金装置にもどす逆の行程ができる。

すなわち逆の行程として第 1 系統においては、切替弁 9 3 及び一方向弁 9 6 を閉じて、切替弁 9 2 を開いた状態で、水素吸蔵合金装置 1 0 1 に接続された熱媒体源 1 0 6 の温度を上昇させることにより、水素吸蔵合金装置 1 0 1 の水素吸蔵

合金から水素を放出させて、水素吸蔵合金装置 101 の水素吸蔵合金よりも水素解離圧の大きな水素吸蔵合金装置 100 へ水素を移送して再生行程を行う。

一方、第 2 系統においては、切替弁 94 及び一方向弁 97 を開いて、切替弁 95 を閉じた状態で、ポンプ 91 を動作させて水素を水素吸蔵合金装置 103 から水素吸蔵合金装置 102 へ移送して生成行程を行う。

このときの冷却の熱媒体源 105、107 としては、雪や氷を含む自然外気温を使用し、加熱の熱媒体源 106 としては、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機械作動時の排熱などを使用することができる。

以上のように構成することにより、熱媒体源が途絶えることなく、極低温の熱媒体源を生成し、ヒートポンプ 80 を再生する工程を繰り返すことができる。さらに、第 1 系統及び第 2 系統のいずれかによってポンプ 91 が連続的に駆動できるため、ポンプの断続的な駆動に起因する不具合を防止することができる。

#### 第 4 実施形態（水素圧縮装置）

第 4 実施形態に係る水素圧縮装置 110 について、図 6 A および図 6 B を参照しつつ説明する。

水素圧縮装置 110 は、圧縮した水素を水素貯蔵容器 125 に貯蔵する装置であって、水素精製、改質などを目的とした低圧の水素貯蔵容器 120、高圧貯蔵のための水素貯蔵容器 125、水素吸蔵合金装置 121、冷却の熱媒体源 122、加熱の熱媒体源 124 及びポンプ 123 を有する。

水素吸蔵合金装置 121 は、任意の構成をとることができるが、図 1 の水素吸蔵合金ユニット 10 を用いることもできる。この場合は、水素吸蔵合金パイプ 41 及び 42 に同一の水素解離圧の水素吸蔵合金を装着することが好ましい。水素吸蔵合金の装着はペースト状の水素吸蔵合金を水素吸蔵合金パイプ 41 及び 42 に充填し、その後固化させることにより行う。

このように構成された水素圧縮装置 110 は、水素吸蔵合金装置 121 に水素を貯蔵する水素貯蔵工程（図 6 A）と、水素貯蔵容器 125 に水素を圧縮貯蔵する水素圧縮工程（図 6 B）からなるサイクルを実現可能である。

水素貯蔵工程においては、熱媒体源 122 により水素吸蔵合金装置 121 は常



温で冷却される。すると、水素吸蔵合金装置 1 2 1 内の水素吸蔵合金は水素貯蔵容器 1 2 0 から内に存在する水素を吸蔵する。

一方、水素圧縮工程においては、熱媒体源 1 2 4 は高温に維持されており、これに連結された水素吸蔵合金装置 1 2 1 の温度が上昇する。水素吸蔵合金装置 1 2 1 の温度が、水素吸蔵合金装置 1 2 1 の水素吸蔵合金の水素放出開始温度に至ると水素が放出される。水素貯蔵容器 1 2 5 とポンプ 1 2 3 との間に設けた弁は開放されており、放出された水素は水素貯蔵容器 1 2 5 に貯蔵される。この工程では、水素吸蔵合金装置 1 2 1 側を入口、水素貯蔵容器 1 2 5 側を出口とするポンプ 1 2 3 が動作しており、強制的に水素吸蔵合金装置 1 2 1 の水素吸蔵合金で放出された水素が水素貯蔵容器 1 2 5 に貯蔵されるため、高圧に圧縮した状態で水素貯蔵容器 1 2 5 に水素を貯蔵することができる。

例えば、60～90℃程度の排熱との熱交換により熱媒体源 1 2 4 を加熱し、水素吸蔵合金装置 1 2 1 の水素吸蔵合金の水素放出圧を 10～20 kg/cm<sup>2</sup> 程度に高め、ポンプ 1 2 3 の吸入側（水素吸蔵合金装置 1 2 1 側）を与圧すると、ポンプ 1 2 3 の出口側圧力が容易に高圧となる。

#### 第5実施形態（水素圧縮装置）

第5実施形態に係る水素圧縮装置 1 3 0 について図 7 を参照しつつ説明する。水素圧縮装置 1 3 0 は、圧縮した水素を水素貯蔵容器 1 4 0 に貯蔵する装置であって、水素貯蔵容器 1 4 0、水素吸蔵合金装置 1 4 1、圧力容器 1 4 2、1 4 3 及びポンプ 1 4 4 を有する。

水素吸蔵合金装置 1 4 1 は、水素吸蔵合金装置 1 4 1 から外部への流れのみを許容する逆止弁 1 5 0、逆止弁 1 5 0 から分岐し逆止弁 1 5 0 から圧力容器 1 4 2 への流れのみを許容する逆止弁 1 5 2、及び、逆止弁 1 5 0 から分岐し逆止弁 1 5 0 から圧力容器 1 4 3 への流れのみを許容する逆止弁 1 5 3 を介して、圧力容器 1 4 2 及び 1 4 3 に連結されている。

圧力容器 1 4 2 及び 1 4 3 は、それぞれ、圧力容器 1 4 2 及び 1 4 3 から水素貯蔵容器 1 4 0 への流れのみを許容する逆止弁 1 5 4 及び 1 5 5 を介して水素貯蔵容器 1 4 0 に連結されている。逆止弁 1 5 4 及び 1 5 5 と、水素貯蔵容器 1 4 0 との間には切替弁 1 5 6 が配置されている。さらに、圧力容器 1 4 2 と 1 4 3

との間には双方向搬送が可能なポンプ 1 4 4 が配置してある。このような配置により、水素吸蔵合金装置 1 4 1 の水素吸蔵合金から放出された水素を圧力容器 1 4 2 及び 1 4 3 のいずれか一方に選択的に搬送させることができる。

水素吸蔵合金装置 1 4 1 は任意の構成をとることができるが、図 1 の水素吸蔵合金ユニット 1 0 を用いることができる。この場合は、水素吸蔵合金パイプ 4 1 及び 4 2 に同一の水素解離圧の水素吸蔵合金を充填装着する。ノズル 1 4 及び 1 5 には熱媒体源 1 4 5 を連結させ、水素吸蔵合金パイプ 4 1 及び 4 2 の水素吸蔵合金が充填された水素吸蔵合金パイプの開放端は、水素室及びノズルを介して逆止弁 1 5 0 に連結される。熱媒体源としては、雪や氷を含む自然外気温、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機器作動時の排熱などを使用することができる。

圧力容器 1 4 2 及び 1 4 3 は、それぞれ、作動流体 1 6 0 が収容された密閉容器からなる液面ピストンを構成している。作動流体としては、例えば水を使用することができる。水を使う場合は、純水、蒸留水であることが望ましい。圧力容器 1 4 2 と 1 4 3 とがポンプ 1 4 4 を介して連通されているため、逆止弁 1 5 2 を開いて逆止弁 1 5 3 を閉じれば水素吸蔵合金装置 1 4 1 の水素吸蔵合金から放出された水素は圧力容器 1 4 2 に流入してその中の作動流体 1 6 0 を押し下げて、その作動流体 1 6 0 は圧力容器 1 4 3 に流入し、圧力容器 1 4 3 内の作動流体 1 6 0 の上側に存在した水素は水素貯蔵容器 1 4 0 に貯蔵される。逆に、逆止弁 1 5 3 を開いて逆止弁 1 5 2 を閉じれば水素吸蔵合金装置 1 4 1 の水素吸蔵合金から放出された水素は圧力容器 1 4 3 に流入してその中の作動流体 1 6 0 を押し下げて、その作動流体 1 6 0 は圧力容器 1 4 2 に流入し、圧力容器 1 4 2 内の作動流体 1 6 0 の上側に存在した水素は水素貯蔵容器 1 4 0 に貯蔵される。

つづいて、本実施形態における水素圧縮貯蔵の工程について説明する。

第 1 工程においては、水素吸蔵合金装置 1 4 1 の水素吸蔵合金から放出された水素を圧力容器 1 4 2（水素導入側圧力容器、第 1 圧力容器）に流入させて、圧力容器 1 4 3（圧縮側圧力容器、第 2 圧力容器）内の水素を水素貯蔵容器 1 4 0 に貯蔵する。具体的には、逆止弁 1 5 0、1 5 3、1 5 4、切替弁 1 5 6 を開いて、逆止弁 1 5 5、1 5 2 を閉じた状態で、連結された熱媒体源 1 4 5 により水

素吸蔵合金装置 141 を加熱すると、その水素吸蔵合金から放出された水素は、丸記号で囲まれた符号 (1) → (2) → (3) → (4) の経路を経て水素貯蔵容器 140 に貯蔵される。このとき、ポンプ 144 を駆動して作動流体を圧送することにより圧力容器 142 の液面ピストンが上昇して内部の水素を圧縮し、高圧縮状態で水素貯蔵容器 140 に水素を貯蔵することができる。熱媒体源としては、冷却の熱媒体源 146 には、雪や氷を含む自然外気温を使用し、加熱の熱媒体源 145 には、太陽熱、地熱、工場排熱、ごみ焼却熱、燃料等の燃焼熱、燃料電池排熱、機器作動時の排熱などを使用することができる。

第 2 工程においては、水素吸蔵合金装置 141 の水素吸蔵合金から放出された水素を圧力容器 143 (水素導入側圧力容器) に流入させて、圧力容器 142 (圧縮側圧力容器) 内の水素を水素貯蔵容器 140 に貯蔵する。具体的には、逆止弁 150、152、155、切替弁 156 を開いて、逆止弁 153、154 を閉じた状態で、連結された熱媒体源 145 により水素吸蔵合金装置 141 を加熱すると、その水素吸蔵合金から放出された水素は、丸記号で囲まれた符号 (1) → (5) → (6) → (7) → (8) → (9) の経路を経て水素貯蔵容器 140 に貯蔵される。このとき、圧力容器 142 から圧力容器 143 へポンプ 144 を駆動して作動流体を圧送することにより、圧力容器 143 の液面ピストンが上昇して内部の水素を圧縮し、高圧縮状態で水素貯蔵容器 140 に水素を貯蔵することができる。

以上の第 1 工程及び第 2 工程を交互に行うことにより、水素貯蔵容器 140 に高圧に圧縮した水素を貯蔵することができる。例えば、60～90℃程度の排熱との熱交換により水素吸蔵合金装置 141 を加熱し、水素吸蔵合金装置 141 の水素吸蔵合金の水素放出圧を 10～20 kg/cm<sup>2</sup>程度に高めて与圧することにより、圧力容器 142 及び圧力容器 143 のうち水素導入側圧力容器内は、体積が一旦 (一次圧縮) 縮小されて導入できるため、ポンプ 144 は常圧の体積から超高圧の体積まで縮小することなく容易に水素を水素貯蔵容器 140 内に圧縮 (二次圧縮) して移送され、従来装置に比べ要する時間も短時間となる。

本発明について上記実施形態を参照しつつ説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、改良の目的または本発明の思想の範囲内において改良または変更が可能である。

## 特許請求の範囲

### 1. 水素吸蔵合金であって、

水素吸蔵合金材料及び水素吸着材料の共融混合物の粉末を、粘性物質と混合してペースト化する。

### 2. 水素吸蔵合金ユニットであって、

熱媒体源が流通する熱交換室と、

前記熱交換室の両側に形成された一対の水素室と、

前記一対の水素室内にそれぞれ一端部が臨み、他端部が自由状態で熱交換室内に延び、前記一対の水素室側にそれぞれ一端部が固定された対をなす水素吸蔵合金パイプ群とを備え、

前記対をなす水素吸蔵合金パイプ群を構成する各水素吸蔵合金パイプは、その内部に水素吸蔵合金を有していて、前記熱交換室内側の自由端部は閉じており、前記水素室内側の端部に水素流通孔が開口している。

### 3. 請求項2記載の水素吸蔵合金ユニットであって、

前記対をなす水素吸蔵合金パイプは、ハニカム状に配置される。

### 4. 請求項2記載の水素吸蔵合金ユニットであって、

前記対をなす水素吸蔵合金パイプ内の水素吸蔵合金は、それぞれ解離圧が異なる。

### 5. 請求項2記載の水素吸蔵合金ユニットであって、

前記対をなす水素吸蔵合金パイプは、それぞれ、中心部の前記水素流通孔を有する多孔質材料からなるパウンド材と、

前記パウンド材と外殻パイプとの間にペースト状で装着した後に固化させた水素吸蔵合金ペーストとを備える。

6. 請求項2記載の水素吸蔵合金ユニットであって、

前記水素吸蔵合金パイプの外周には、カーボン繊維または炭化物繊維が巻きつけられる。

7. ヒートポンプであって、

所定の解離圧を有する第1水素吸蔵合金を備える第1水素吸蔵合金装置と、

前記第1水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第2水素吸蔵合金を備える第2水素吸蔵合金装置と、

前記第2水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第3水素吸蔵合金を備える第3水素吸蔵合金装置と、

前記第3水素吸蔵合金より高い解離圧を有する第4水素吸蔵合金を備える第4水素吸蔵合金装置とを有し、

前記第2水素吸蔵合金装置と前記第3水素吸蔵合金装置は一つのユニットを形成し、

前記ユニットは、

前記第2水素吸蔵合金を有する第1水素吸蔵合金パイプ群と、

前記第1水素吸蔵合金パイプの一端が固定される第1水素室と、

前記第3水素吸蔵合金を有する第2水素吸蔵合金パイプ群と、

前記第2水素吸蔵合金パイプの一端が固定される第2水素室とを備え、

前記第2水素吸蔵合金パイプの他端及び前記第3水素吸蔵合金パイプの他端は共通の熱交換室に配置され、

前記第1水素吸蔵合金装置は、前記第2水素吸蔵合金装置及び前記第3水素吸蔵合金装置のうち的一方と連通し、

前記第4水素吸蔵合金装置は、前記第2水素吸蔵合金装置及び前記第3水素吸蔵合金装置のうちの他方と連通し、

前記第1水素吸蔵合金装置及び前記第4水素吸蔵合金装置は、前記第1から第4の水素吸蔵合金装置のいずれかを加熱又は冷却することにより、それぞれ前記ユニットへ水素を移送させる。

8. 請求項7記載のヒートポンプであって、

前記第2水素吸蔵合金装置と前記第4水素吸蔵合金装置とは、前記第4水素吸蔵合金装置から前記第2水素吸蔵合金装置へ水素を移送可能なポンプを介して連通される。

9. 請求項7記載のヒートポンプであって、

前記水素吸蔵合金パイプの外周には、カーボン繊維または炭化物繊維が巻きつけられる。

10. ヒートポンプであって、

所定の解離圧を有する第1水素吸蔵合金を備える第1水素吸蔵合金装置と、  
前記第1水素吸蔵合金より低い解離圧を有する第2水素吸蔵合金を備える第2水素吸蔵合金装置と、

前記第1水素吸蔵合金より低い解離圧を有する第3水素吸蔵合金を備える第3水素吸蔵合金装置と、

前記第1水素吸蔵合金と同じ解離圧を有する第4水素吸蔵合金を備える第4水素吸蔵合金装置とを有し、

前記第1水素吸蔵合金装置と前記第2水素吸蔵合金装置は、ポンプユニットにより連結された第1系統を形成し、

前記第3水素吸蔵合金装置と前記第4水素吸蔵合金装置は、前記ポンプユニットにより連結された第2系統を形成し、

前記第1および第2系統では、一方の水素吸蔵合金装置を加熱又は冷却し、かつ、前記ポンプユニットを動作させることにより、前記第1水素吸蔵合金装置と前記第2水素吸蔵合金装置との間、及び、前記第3水素吸蔵合金装置と前記第4水素吸蔵合金装置との間で、互いに反対方向に水素の移送を行う。

11. 水素圧縮装置であって、

水素吸蔵合金材料及び水素吸着材料の共融混合物の粉末を粘性物質と混合してなる水素吸蔵合金を有し、

熱媒体源との間で熱の授受が可能な水素吸蔵合金装置と、  
前記水素吸蔵合金装置とポンプを介して連通した水素貯蔵容器とを備え、  
前記熱媒体源により前記水素吸蔵合金装置を加熱するとともに、前記ポンプを  
前記水素吸蔵合金装置から前記水素貯蔵容器へ水素を移送するように動作させる  
ことにより前記水素貯蔵容器に圧縮して水素を収容させる。

## 12. 水素圧縮装置であって、

水素吸蔵合金を有する水素吸蔵合金装置と、  
それぞれ前記水素吸蔵合金装置に切り替え可能に連通された第1圧力容器及び  
第2圧力容器と、  
前記第1圧力容器及び前記第2圧力容器の双方に連通され、流体を移送可能な  
ポンプと、  
前記第1圧力容器及び前記第2圧力容器のそれぞれに連通した水素貯蔵容器と  
を備え、  
前記水素吸蔵合金装置を加熱して前記水素吸蔵合金から放出された水素を、前  
記第1圧力容器及び前記第2圧力容器の一方に移送し、かつ、前記第1圧力容器  
及び前記第2圧力容器のうち水素が移送された一方側から他方側へ流体を移送す  
るよう前記ポンプを動作させることにより前記水素貯蔵容器に圧縮して水素を  
収容させる。

## 要 約 書

このヒートポンプ及び水素圧縮装置は、熱媒体源が流通する熱交換室と、熱交換室の両側に形成された一対の水素室と、一対の水素室内にそれぞれ一端部が臨み、他端部が自由状態で熱交換室内に延び、一対の水素室側にそれぞれ一端部が固定された対をなす水素吸蔵合金パイプ群とを備え、対をなす水素吸蔵合金パイプ群を構成する各水素吸蔵合金パイプは、その内部に水素吸蔵合金を有していて、熱交換室内側の自由端部は閉じており、水素室内側の端部に水素流通孔が開口している。